

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
26 février 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/017089 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 1/04

(72) Inventeur; et

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002288

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : MARTIN,
Nicolas [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, av-
enue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international : 18 juillet 2003 (18.07.2003)

(74) Mandataires : DOMINGUEZ, Mariano etc.; Thales In-
tellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117
Arcueil Cedex (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (*national*) : CA, US.

(26) Langue de publication : français

(84) États désignés (*regional*) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

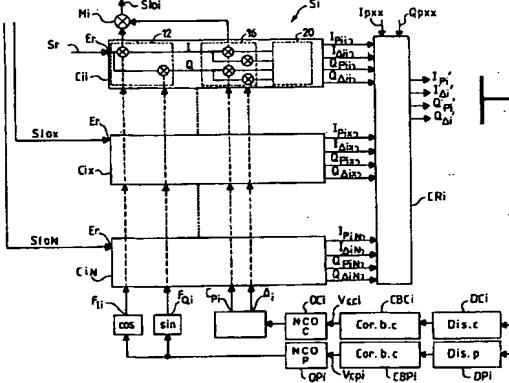
(30) Données relatives à la priorité :
02/10276 13 août 2002 (13.08.2002) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: GLOBAL POSITIONING RECEIVER WITH CROSS-CORRELATION ERROR CORRECTION

(54) Titre : RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRE-
LATION



(57) Abstract: The invention relates to a global positioning receiver which receives signals from different satellites and which comprises one correlation channel, Cii, per satellite received. According to the invention, each correlator channel Cii comprises: a phase and quadrature correlation channel (12) for correlation between the received signal (Sr) and two respective local quadrature carriers (sine, cosine) that are generated by a digitally-controlled carrier oscillator (OPi) (NCO); a code correlation channel (16) for code correlation of the output signals, I, Q, from the carrier correlation channel with the local codes (Cpi, ?i) supplied by a digital generator of local codes OCi; and an integrator (20) which, for each local code, supplies output signals, Ic, Qc, from correlator channel Cii of the satellite received, c denoting each of the local codes. For each channel used to correlate the signal received from a satellite, the inventive receiver comprises as many additional correlator channels as there are additional received satellites and the local point code of the received satellite is correlated with the local codes of other additional satellites. The invention can be used for EGNOS (RIMS), WAAS, GALILEO ground stations.

(57) Abrégé : L'invention concerne un récepteur de positionnement par satellite recevant des signaux de différents satellites, com-
portant un canal de corrélation Cii par satellite reçu, chaque canal corrélateur Cii ayant: une voie de corrélation en phase et en
quadrature (12) entre le signal reçu (Sr) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscilla-
teur à commande numérique de porteuse (OPi) (NCO); une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la
voie de corrélation de porteuse avec les codes locaux fournis (Cpi, ?i)

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/017089 A2



Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRELATION

Les systèmes de positionnement par satellites mettent en œuvre, pour une localisation, plusieurs satellites transmettant leurs positions par des signaux radioélectriques et un récepteur placé à la position à localiser estimant les distances dites pseudo-distances, qui le séparent des satellites 5 à partir des temps de propagation des signaux des satellites captés et effectuant la localisation par triangulation. Plus les positions des satellites sont connues avec précision du récepteur et plus les mesures des pseudo-distances faites par le récepteur sont précises, plus la localisation obtenue est précise.

10 Les positions des satellites sont déterminées à partir d'un réseau de stations sol de poursuite indépendant des récepteurs de positionnement. Elles sont communiquées aux récepteurs de positionnement par les satellites eux-mêmes par transmission de données. Les pseudo-distances sont déduites par les récepteurs de positionnement des retards apparents 15 présentés par les signaux reçus par rapport aux horloges des satellites qui sont toutes synchrones.

Si la précision de la connaissance des positions des satellites du système de positionnement est indépendante des performances d'un récepteur de positionnement, ce n'est pas le cas de celle des mesures de 20 pseudo-distance qui dépend de la précision des mesures de temps de propagation des signaux, au niveau du récepteur.

Les signaux radioélectriques émis par des satellites parcourant de grandes distances, et étant émis avec des puissances limitées, parviennent avec de très faibles puissances aux récepteurs, noyés dans un bruit 25 radioélectrique dû à l'activité d'émetteurs terrestres souvent puissants et beaucoup plus proches des récepteurs que les satellites qu'ils doivent recevoir. Pour faciliter leurs réceptions on a cherché à les rendre le moins sensible possible aux parasites à bande étroite, en augmentant leurs largeurs de bande au moyen de la technique de la bande étalée. Les 30 systèmes actuels et prévus dans un futur proche, de positionnement par satellites utilisent, pour les signaux radioélectriques émis par leurs satellites, la technique d'étalement de bande par modulation à l'aide de séquences

binaires pseudo-aléatoires, technique dite DSSS (sigle tiré de l'anglo-saxon : "Direct Sequence Spread Spectrum"). Cette modulation DSSS consiste après avoir mis les informations à transmettre sous la forme d'une suite d'éléments binaires à débit régulier, d'effectuer le produit de chaque 5 élément binaire d'information avec une séquence binaire pseudo-aléatoire de débit nettement plus rapide. L'étalement de bande obtenu est proportionnel au rapport des débits de la suite d'éléments binaires d'information et de la suite binaire pseudo-aléatoire d'étalement.

Les informations à transmettre au niveau des satellites, une fois 10 mises sous forme d'une suite de données binaires étalée en fréquence par une modulation DSSS, sont transposées dans la plage de fréquence d'émission par modulation avec une porteuse d'émission. Pour faciliter les mesures des temps de propagation des signaux au niveau d'un récepteur de positionnement et éviter la présence de raies isolées dans les spectres des 15 signaux émis par les satellites, chaque séquence binaire pseudo-aléatoire utilisée pour un étalement en fréquence est constituée d'éléments binaires de même durée prise égale à des multiples entiers des périodes des porteuses d'émission tandis que les différents débits et fréquences utilisées au sein des satellites sont synchronisés et dérivent d'une horloge commune 20 de grande précision.

En réception, les informations binaires contenues dans un signal radioélectrique de satellite d'un système de positionnement sont extraites par deux démodulations effectuées de manière enchevêtrée, une première démodulation à l'aide d'une porteuse engendrée localement par un 25 oscillateur piloté par une boucle de poursuite en fréquence et en phase dite PLL (sigle tiré de l'anglo-saxon : "Phase Lock Loop") permettant de transposer le signal reçu en bande de base et une deuxième démodulation à l'aide de séquences binaires pseudo-aléatoires engendrées localement par un générateur de séquences binaires pseudo-aléatoires piloté par une 30 boucle de poursuite en temps dite DLL (sigle tiré de l'anglosaxon : Delay Lock Loop) permettant de désétaler la suite d'informations binaires présente dans le signal reçu.

Les temps de propagation des signaux reçus se manifestent, en réception, par des retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires 35 présentes dans les signaux reçus et la porteuse modulant le signal reçu.

Les retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires sont accessibles, modulo la durée d'un de leurs éléments binaires, au niveau des signaux d'asservissement des boucles de poursuite en temps DLL. Les retards constatés par ces boucles permettent des mesures non ambiguës ou 5 faiblement ambiguës, des temps de propagation des séquences binaires pseudo-aléatoires car les nombres de séquences pseudo-aléatoires entières s'écoulant pendant les trajets des signaux sont relativement petits. On parle de mesures de code.

Par exemple, pour le système de positionnement par satellites 10 GPS (sigle tiré de l'anglo-saxon :Global Positioning System), la séquence binaire pseudo-aléatoire la plus courte, celle utilisée pour l'étalement des signaux de satellites de type C/A (sigle provenant de l'anglo-saxon :"Coarse/Acquisition Code ou Clear/Aquisition Code), est composée de 1023 éléments binaires avec un débit de 1,023 MHz et une durée d'une 15 milliseconde. Sa durée totale correspond à un trajet de 300 Kms pour une onde radioélectrique et permet des mesures de distance modulo de 300 Kms. La durée de 1 microseconde de chacun de ses éléments binaires autorise une précision de l'ordre de 0,1 microsecondes dans la mesure de son retard à la réception correspondant à un trajet de 30 mètres pour une 20 onde radioélectrique. L'ambiguïté des mesures de pseudo-distance obtenues à partir de la séquence binaire pseudo-aléatoire d'un code C/A due au fait que l'on a affaire à des mesures modulo 300 Km est facile à lever dès que le récepteur reçoit plus de quatre satellites car il peut alors faire différents points sur la même position à partir de jeux différents de quatre satellites et 25 ne retenir que la solution commune. En l'absence d'une telle possibilité, l'ambiguïté peut être aussi levée à l'aide d'une connaissance préalable très grossière de la position. Une telle ambiguïté de mesure ne se pose pas avec les signaux de satellite du type P du système GPS qui utilisent pour leur étalement une séquence binaire pseudo-aléatoire d'une durée de 266,41 30 jours mais ces signaux ne sont pas à libre disposition des utilisateurs.

La figure 1 montre le synoptique d'un récepteur de positionnement par satellite de l'état de l'art. Le récepteur comporte un canal corrélateur 10 attaqué par le signal reçu, provenant d'une part des satellites de positionnement visibles par l'antenne du récepteur, et d'autre part de source 35 perturbatrice.

Le canal corrélateur 10 comporte une voie de corrélation 12 en phase et en quadrature entre le signal reçu S_r et deux respectives porteuses locales F_I , F_Q . Ces porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) sont générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse 14 (NCO p) 5 du récepteur.

Les signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse sont ensuite corrélés dans une voie de corrélation de code 16 avec les codes locaux, ponctuel et delta, du satellite considéré, fourni par un générateur numérique de codes locaux 18.

10 Les corrélations de code sont ensuite intégrées par un respectif intégrateur 20 pour fournir des signaux I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ en sortie du canal corrélateur 10.

Une boucle de porteuse 22 et une boucle de code 24, du récepteur de l'état de l'art, réalisées de façon connue, fournissent 15 respectivement à partir des signaux I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ en sortie du canal corrélateur 10, un signal de vitesse de porteuse V_{pc} pour contrôler l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) 14 générant les deux porteuses locales F_I , F_Q et un signal de vitesse de code V_{cc} pour contrôler l'oscillateur à commande numérique de code 18 générant le code 20 local, ponctuel et delta, pour la voie de corrélation de code.

La radionavigation par satellite nécessite des moyens au sol (segment sol) afin de contrôler et de corriger les signaux émis par les satellites. Les stations sol notamment utilisent des moyens de réception qui fournissent des mesures de code et de porteuse. Ces mesures doivent être 25 extrêmement précises car elles contribuent aux performances ultimes du système.

Ces mesures sont entachées d'erreurs dues aux inter-corrélations entre les signaux émis par tous les satellites visibles depuis les stations sol. En effet bien que les codes d'étalement utilisés soient conçus pour distinguer 30 les signaux des satellites par corrélation, leur décorrélations ne sont pas parfaites du fait de leur longueur limitée et du Doppler dû au mouvement des satellites. Ces erreurs peuvent être gênantes lorsque les codes sont de période courte (codes C/A) et lorsque les vitesses entre le sol et les satellites sont faibles. C'est notamment le cas des satellites GEO des SBAS (Space 35 Based Augmented Systems, type WAAS ou EGNOS) : la faible variation du

Doppler fait que ces erreurs deviennent des biais lentement variables que l'on ne sait pas filtrer. Elles peuvent atteindre plusieurs mètres.

L'idée de l'invention est basée sur l'utilisation de canaux de corrélation supplémentaires en plus du canal de corrélation du signal reçu d'un satellite afin d'estimer en temps réel les erreurs d'inter-corrélation, en 5 code et en porteuse, entre le satellite concerné et tout autre satellite ; que l'on poursuit par ailleurs sur d'autres canaux et dont on connaît aussi de ce fait la position du code et de phase de la porteuse. Ces erreurs estimées peuvent ainsi être corrigées très simplement dans les boucles de poursuite.

10 L'invention propose à cet effet un récepteur de positionnement par satellites avec correction d'erreurs d'inter-corrélation entre les satellites, le récepteur comportant un canal de corrélation C_{ii} d'ordre i par satellite reçu, avec $i = 1, 2, \dots, N$, N étant le nombre de satellites reçus, chaque canal corrélateur C_{ii} ayant :

15 - une voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature entre le signal reçu S_r et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) ;

20 - une voie de corrélation de code à partir des signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature, avec les codes locaux du satellite reçu, fourni par un générateur numérique de codes locaux ;

25 - un intégrateur pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c , Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux ,

30 caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu autant de canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} que de satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , et en ce qu'on corrèle les codes locaux du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires C_{ix} .

Dans une réalisation du récepteur selon l'invention les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code sont un code ponctuel et delta. La voie de corrélation de code comporte en fait deux voies de corrélation :

35 - une voie ponctuelle (I_p , Q_p),

- une voie delta (I_Δ, Q_Δ),

Dans une autre réalisation, les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code sont un code avance, ponctuel et delta. La voie de corrélation de code comporte en fait trois voies de corrélation :

5

- une voie avance (I_A, Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P, Q_P), et
- une voie retard (I_R, Q_R), la voie delta étant reconstituée à partir de la voie avance moins la voie retard par les formules :

$$I_\Delta = I_A - I_R$$

10 $Q_\Delta = Q_A - Q_R$

Dans une première réalisation du récepteur selon l'invention, recevant les N satellites, le récepteur comporte N sous-ensembles de réception S_i . Chaque sous-ensemble S_i de rang i comporte le canal corrélateur C_{ii} du signal du satellite reçu d'ordre i , avec $i = 1, 2, \dots, N$, et $N-1$ canaux corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, \dots, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i .

Chaque canal corrélateur C_{ii} de signal reçu est attaqué par son entrée de réception E_r par le signal reçu S_r . Chacun des canaux corrélateurs supplémentaires d'un sous-ensemble S_i , reçoit respectivement, d'une part, à 15 son entrée de signal reçu E_r , un signal local S_{lx} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{lx} par le code local ponctuel C_{px} du canal corrélateur C_{ix} du satellite reçu d'ordre x et, d'autre part, à ses entrées locales de porteuse locale et de codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature F_{li} , F_{qi} et les codes locaux, C_{pi} et Δ_i , du canal corrélateur C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i .

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'un exemple de réalisation d'un récepteur selon l'invention recevant plus de deux satellites en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

20

- la figure 1, déjà décrite, représente un récepteur de l'état de l'art ayant un canal corrélateur ;
- la figure 2 montre un sous-ensemble d'un récepteur selon l'invention recevant N satellites ;
- la figure 3 montre un récepteur, selon l'invention, pour trois satellites.

- la figure 4 montre un canal corrélateurs fonctionnant en bande de base ;

- la figure 5 montre un sous-ensemble du récepteur selon l'invention fonctionnant en bande de base ;

5 - la figure 6 montre un récepteur en bande de base, selon l'invention, pour trois satellites ;

La figure 2 montre un sous-ensemble d'un récepteur selon l'invention recevant N satellites.

Le récepteur comporte N sous-ensembles de réception pour les N 10 satellites reçus. Chaque sous-ensemble S_i de rang i , avec $i = 2, 3, \dots, N$, comporte un canal corrélateur C_{ii} pour un satellite reçu Sat_i d'ordre i et $N-1$ corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires $Sat_1, \dots, Sat_x, \dots, Sat_N$, avec x différent de i . Chacun de ces canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} reçoit respectivement, d'une part, à 15 son entrée de signal reçu, un signal local S_{lo} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{lx} par le code local ponctuel C_{px} du canal corrélateur C_{xx} du signal reçu du satellite d'ordre x et, d'autre part, à ses entrées de porteuse locale et de codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature F_{li}, F_{qi} et les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i , du canal 20 corrélateur C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i .

Comme le canal corrélateur de signal reçu C_{ii} , chaque canal corrélateur supplémentaire de rang x dans le sous-ensemble S_i , avec $x=1, 2, \dots, N$ comporte :

25 - la voie de corrélation de porteuse 12 en phase et en quadrature entre le signal reçu et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) ;

- la voie de corrélation de code 16 à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux ponctuel C_{pi} et delta Δ_i du satellite d'ordre i ;

30 - un intégrateur pour fournir des signaux $I_{pix}, I_{\Delta ix}, Q_{pix}, Q_{\Delta ix}$ en sortie du canal corrélateur.

L'intégrateur du canal corrélateur C_{ii} de signal reçu fournit des signaux $I_{pix}, I_{\Delta ii}, Q_{pix}, Q_{\Delta ii}$.

Le sous-ensemble S_i comporte, en outre :

- un oscillateur à commande numérique de porteuse OPi (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{ai} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré et un générateur numérique de codes locaux OCi (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel Cpi et delta Δi , pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
 - 5 - un multiplicateur Mi fournissant, pour les autres sous-ensembles Sx du récepteur, un signal local Sloi, résultant de la modulation de la porteuse locale F_{li} par le code ponctuel Cpi du sous-ensemble Si considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du satellite 10 considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites ;
 - 10 - un correcteur CRi de corrélation fournissant à partir des signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$ (x prenant, pour ces signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$, les valeurs 1 à N) en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré Si et des signaux I_{pxx} , Q_{pxx} en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu des 15 autres sous-ensembles Sx, avec x différent de i, des signaux corrigés I_{pi}' , $I_{\Delta i}'$, Q_{pi}' , $Q_{\Delta i}'$.
 - un discriminateur de porteuse DPi fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse CBPi un signal de contrôle Vcpi de l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des 20 porteuses locales F_{li} , F_{ai} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
 - un discriminateur de boucle de code DCi fournissant à travers un correcteur de boucle de code CBCi un signal de contrôle Vcci du générateur 25 numérique de code local OCi (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel Cpi et delta Δi pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré.

Nous allons traiter par la suite, à titre d'exemple, le cas d'un récepteur selon l'invention configuré pour recevoir trois satellites (N=3).

La figure 3 montre un récepteur pour trois satellites comportant un premier S1, un deuxième S2 et un troisième S3 sous-ensembles de 30 réception ayant trois canaux corrélateurs chacun. Les sous-ensembles de réception S1, S2 et S3 comportent les mêmes éléments que le sous-ensemble détaillé de la figure 2.

Les premier S1, deuxième S2, et troisième S3 sous-ensembles du récepteur de la figure 3 comportent respectivement un premier C11, un 35 deuxième C22 et un troisième C33 canaux corrélateurs de signal attaqués à

leur entrée de réception E_r par le signal S_r reçu par le récepteur, chaque sous-ensemble comportant, en outre :

- dans le premier sous-ensemble S_1 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{12} et C_{13} attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{lo2} , S_{lo3} issus respectivement d'un mélangeur M_2 et d'un mélangeur M_3 , le signal S_{lo2} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l2} par le code ponctuel Cp_2 du deuxième satellite et le signal S_{lo3} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l3} par le code ponctuel Cp_3 du troisième satellite ;

- dans le deuxième sous-ensemble S_2 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{21} et C_{23} attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{lo1} , S_{lo3} issus respectivement d'un mélangeur M_1 et du mélangeur M_3 , le signal S_{lo1} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l1} par le code ponctuel Cp_1 du premier satellite ;

- dans le troisième sous-ensemble S_3 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{31} et C_{32} attaqués à leur entrée de réception par les signaux locaux S_{lo1} , S_{lo2} issus respectivement des mélangeurs M_1 et M_2 .

Chaque corrélateur de chacun des sous-ensembles S_i comporte :

- la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature 12 (voir détail du corrélateur à la figure 2) entre le signal à leur entrée de réception et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus), F_{l1} , F_{Q1} pour le premier sous-ensemble S_1 , F_{l2} , F_{Q2} pour le deuxième S_2 et F_{l3} , F_{Q3} pour le troisième S_3 , ces porteuses étant générées respectivement, pour chacun des sous-ensembles S_1 , S_2 et S_3 , par un premier OP_1 , un deuxième OP_2 et un troisième OP_3 oscillateurs à commande numérique de porteuse (NCO p) ;

- la voie de corrélation de code 16 à partir des signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux, ponctuel Cp_1 , Cp_2 , Cp_3 et delta Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 des satellites, respectivement d'ordre 1, 2, 3, fourni par un générateur numérique de codes locaux OC_1 , OC_2 et OC_3 , respectivement pour chaque sous-ensemble ;

- un intégrateur par canal corrélateur pour fournir respectivement des signaux I_{P1x} , $I_{\Delta1x}$, Q_{P1x} , $Q_{\Delta1x}$ en sortie du canal corrélateur C_{1x} ; I_{P2x} , $I_{\Delta2x}$,

Q_{P2x} , $Q_{\Delta2x}$, en sortie canal corrélateur $C2x$ et I_{P3x} $I_{\Delta3x}$, Q_{P3x} , $Q_{\Delta3x}$ en sortie canal corrélateur $C3x$, avec $x=1, 2, 3$.

Chaque sous-ensemble de trois corrélateurs comporte :

- un correcteur $Cr1$, $Cr2$, $Cr3$ de corrélations fournissant à partir 5 des signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$, avec $i=1, 2, 3$ (et $x=1, 2, 3$), en sortie des 3 canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré $S1$, $S2$, $S3$ et des signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu (d'ordre x) des autres sous-ensembles Sx , des signaux corrigés, $I_{P1'}$, $I_{\Delta1'}$, $Q_{P1'}$, $Q_{\Delta1'}$ en sortie 10 du premier correcteur $Cr1$, $I_{P2'}$, $I_{\Delta2'}$, $Q_{P2'}$, $Q_{\Delta2'}$ en sortie du deuxième correcteur $Cr2$, $I_{P3'}$, $I_{\Delta3'}$, $Q_{P3'}$, $Q_{\Delta3'}$ en sortie du troisième correcteur $Cr3$, les signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu, attaquant les correcteurs, étant les signaux I_{P22} , I_{P33} , Q_{P22} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr1$, I_{P11} , I_{P33} , Q_{P11} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr2$ et I_{P11} , I_{P22} , Q_{P11} , Q_{P22} pour le correcteur $Cr3$,
- un discriminateur de porteuse $DP1$, $DP2$, $DP3$ fournissant 15 respectivement à travers un correcteur de boucle de porteuse $CBP1$, $CBP2$, $CBP3$ un signal de contrôle $Vcp1$, $Vcp2$, $Vcp3$ du respectif oscillateur à commande numérique de porteuse $OP1$, $OP2$, $OP3$ (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{l1} , F_{q1} , pour le premier sous-ensemble $S1$, F_{l2} , F_{q2} , pour 20 le deuxième sous-ensemble $S2$ et F_{l3} , F_{q3} , pour le troisième sous-ensemble $S3$;
- un discriminateur de boucle de code $DC1$, $DC2$, $DC3$ fournissant 25 respectivement à travers un correcteur de boucle de code $CBC1$, $CBC2$, $CBC3$ un respectif signal de contrôle $Vcc1$, $Vcc2$, $Vcc3$ du générateur numérique de codes locaux $OC1$, $OC2$, $OC3$ (NCO c) pour fournir les codes locaux ponctuel et delta, $Cp1$, $\Delta1$ pour les trois corrélateurs du premier sous-ensemble $S1$, $Cp2$, $\Delta2$ pour les trois corrélateurs du deuxième sous-ensemble $S2$ et $Cp3$, $\Delta3$ pour les trois corrélateurs du troisième sous-ensemble $S3$.

30 Le récepteur de la figure 3 est configuré pour effectuer les corrections suivantes :

Pour le satellite 1 :

35 Sur la voie ponctuelle :

$$I_{P1}' = I_{P11} - I_{P22} \cdot I_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{P13} \cdot 2/T$$

$$Q_{P1}' = Q_{P11} - I_{P22} \cdot Q_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{P13} \cdot 2/T$$

- sur la voie delta :

5

$$I_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot I_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{\Delta 13} \cdot 2/T$$

$$Q_{\Delta 1}' = Q_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot Q_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{\Delta 13} \cdot 2/T$$

soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

10

$$I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - I_{P22} (I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T$$

$$I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - I_{P22} (I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13}) \cdot 2/T$$

15

avec $\frac{T}{2} = \int_0^T (signal\ local(t))^2 dt$, T durée d'intégration de l'intégrateur 20 sur la figure 1

Justification :

20 Remarque : sur les figures et, dans le but de simplifier leur lecture, on écrira :

Code local ponctuel_{satellite 1} = Slo1

Code local ponctuel_{satellite 2} = Slo2

Code local ponctuel_{satellite 3} = Slo3

25

Par construction :

$$I_{P1} = \int_0^T [signal\ reçu(t)][code\ local\ satellite\ 1(t).porteuse\ locale\ en\ phase\ satellite\ 1(t)]\ dt$$

$$Q_{P1} = \int_0^T [signal\ reçu(t)][code\ local\ satellite\ 1(t).porteuse\ locale\ en\ quadrature\ satellite\ 1(t)]\ dt$$

30

Soit, en développant, et en négligeant les bruits :

$$I_{P1} = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cdot code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) + A_2 \cdot code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)][code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)]\ dt$$

$$Q_{P1} = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cdot code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) + A_2 \cdot code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)][code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)]\ dt$$

35

$$I_{P1} = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt - A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$5 \quad Q_{P1} = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt - A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

10 On voudrait idéalement :

$$I_{P1}' = \int_0^T [signal \text{ } reçu \text{ } satellite \text{ } 1(t)] [code \text{ } local \text{ } satellite \text{ } 1(t) \cdot porteuse \text{ } locale \text{ } en \text{ } phase \text{ } satellite \text{ } 1(t)] dt$$

$$Q_{P1}' = \int_0^T [signal \text{ } reçu \text{ } satellite \text{ } 1(t)] [code \text{ } local \text{ } satellite \text{ } 1(t) \cdot porteuse \text{ } locale \text{ } en \text{ } quadrature \text{ } satellite \text{ } 1(t)] dt$$

15 Soit en développant :

$$I_{P1}' = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$Q_{P1}' = \int_0^T [A_1 \cdot code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$I_{P1}' = I_{P1} - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt -$$

$$20 \quad A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$Q_{P1}' = Q_{P1} - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt -$$

$$A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

Sachant que :

$$I_{P12} = \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$Q_{P12} = \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$5 \quad I_{P13} = \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$Q_{P13} = \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

Et, en négligeant les termes d'inter-corrélation entre les satellites, et en supposant que les porteuses locales sont en phase avec les porteuses reçues :

$$I_{P22} = \int_0^T [A_2 \cdot code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] dt = \frac{T}{2} A_2$$

$$I_{P33} = \int_0^T [A_3 \cdot code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] dt = \frac{T}{2} A_3$$

15 On obtient bien les formules proposées lorsque l'on remplace les termes de correction par les termes I_{pix} et Q_{pix} correspondants.

De même :

20

$$I_{\Delta 1} = I_{\Delta 1} - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt - \\ A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

25

$$Q_{\Delta 1} = Q_{\Delta 1} - A_2 \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt - \\ A_3 \int_0^T [code_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$I_{\Delta 12} = \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt$$

$$Q_{\Delta 12} = \int_0^T [code_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [delta_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$$

Dans le cas où les porteuses locales ne sont pas tout à fait en phase avec les porteuses reçues, à cause de la dynamique (porteur, horloge récepteur, satellite) on montre que :

5

Pour le premier satellite Sat1 :

- pour la voie ponctuelle :

$$10 \quad I_{P1}' = I_{P11} - (I_{P22} \cdot I_{P12} - Q_{P22} \cdot Q_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{P13} - Q_{P33} \cdot Q_{P13}) \cdot 2/T$$

$$Q_{P1}' = Q_{P11} - (I_{P22} \cdot Q_{P12} + Q_{P22} \cdot I_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{P13} + Q_{P33} \cdot I_{P13}) \cdot 2/T$$

- sur la voie delta :

$$15 \quad I_{\Delta1}' = I_{\Delta11} - (I_{P22} \cdot I_{\Delta12} - Q_{P22} \cdot Q_{\Delta12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{\Delta13} - Q_{P33} \cdot Q_{\Delta13}) \cdot 2/T$$

$$Q_{\Delta1}' = Q_{\Delta11} - (I_{P22} \cdot Q_{\Delta12} + Q_{P22} \cdot I_{\Delta12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{\Delta13} + Q_{P33} \cdot I_{\Delta13}) \cdot 2/T$$

Soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$20 \quad I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T$$

$$I_{\Delta1}' + jQ_{\Delta1}' = I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12}) \cdot 2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13}) \cdot 2/T$$

Pour le deuxième satellite Sat2:

$$25 \quad I_{P2}' + jQ_{P2}' = I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P21} + jQ_{P21})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta2}' + jQ_{\Delta2}' = I_{\Delta22} + jQ_{\Delta22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta21} + jQ_{\Delta21})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta23} + jQ_{\Delta23})/T$$

Pour le troisième satellite Sat3 :

$$30 \quad I_{P3}' + jQ_{P3}' = I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P31} + jQ_{P31})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P32} + jQ_{P32})/T$$

$$I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' = I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta31} + jQ_{\Delta31})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta32} + jQ_{\Delta32})/T$$

Généralisation :

35 Sur la voie ponctuelle :

$$I_{Pi}' = I_{Pi} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} \cdot I_{Pi} - Q_{Px} \cdot Q_{Pi}) \cdot 2/T$$

$$Q_{Pi}' = Q_{Pi} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} \cdot Q_{Pi} + Q_{Px} \cdot I_{Pi}) \cdot 2/T$$

40 Sur la voie delta :

$$I_{\Delta i}' = I_{\Delta i} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} \cdot I_{\Delta i} - Q_{Px} \cdot Q_{\Delta i}) \cdot 2/T$$

$$Q_{\Delta i}' = Q_{\Delta i} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} \cdot Q_{\Delta i} + Q_{Px} \cdot I_{\Delta i}) \cdot 2/T$$

Soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$I_{Pi}' + j Q_{Pi}' = I_{Pi} + j Q_{Pi} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + j Q_{Px})(I_{P_ix} + j Q_{P_ix})2/T$$

$$I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}' = I_{\Delta i} + j Q_{\Delta i} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + j Q_{Px})(I_{\Delta_ix} + j Q_{\Delta_ix})2/T$$

Afin de rendre la notation des indices plus systématique, l'indice i 10
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55
 60
 65
 70
 75
 80
 85
 90
 95
 100
 105
 110
 115
 120
 125
 130
 135
 140
 145
 150
 155
 160
 165
 170
 175
 180
 185
 190
 195
 200
 205
 210
 215
 220
 225
 230
 235
 240
 245
 250
 255
 260
 265
 270
 275
 280
 285
 290
 295
 300
 305
 310
 315
 320
 325
 330
 335
 340
 345
 350
 355
 360
 365
 370
 375
 380
 385
 390
 395
 400
 405
 410
 415
 420
 425
 430
 435
 440
 445
 450
 455
 460
 465
 470
 475
 480
 485
 490
 495
 500
 505
 510
 515
 520
 525
 530
 535
 540
 545
 550
 555
 560
 565
 570
 575
 580
 585
 590
 595
 600
 605
 610
 615
 620
 625
 630
 635
 640
 645
 650
 655
 660
 665
 670
 675
 680
 685
 690
 695
 700
 705
 710
 715
 720
 725
 730
 735
 740
 745
 750
 755
 760
 765
 770
 775
 780
 785
 790
 795
 800
 805
 810
 815
 820
 825
 830
 835
 840
 845
 850
 855
 860
 865
 870
 875
 880
 885
 890
 895
 900
 905
 910
 915
 920
 925
 930
 935
 940
 945
 950
 955
 960
 965
 970
 975
 980
 985
 990
 995
 1000
 1005
 1010
 1015
 1020
 1025
 1030
 1035
 1040
 1045
 1050
 1055
 1060
 1065
 1070
 1075
 1080
 1085
 1090
 1095
 1100
 1105
 1110
 1115
 1120
 1125
 1130
 1135
 1140
 1145
 1150
 1155
 1160
 1165
 1170
 1175
 1180
 1185
 1190
 1195
 1200
 1205
 1210
 1215
 1220
 1225
 1230
 1235
 1240
 1245
 1250
 1255
 1260
 1265
 1270
 1275
 1280
 1285
 1290
 1295
 1300
 1305
 1310
 1315
 1320
 1325
 1330
 1335
 1340
 1345
 1350
 1355
 1360
 1365
 1370
 1375
 1380
 1385
 1390
 1395
 1400
 1405
 1410
 1415
 1420
 1425
 1430
 1435
 1440
 1445
 1450
 1455
 1460
 1465
 1470
 1475
 1480
 1485
 1490
 1495
 1500
 1505
 1510
 1515
 1520
 1525
 1530
 1535
 1540
 1545
 1550
 1555
 1560
 1565
 1570
 1575
 1580
 1585
 1590
 1595
 1600
 1605
 1610
 1615
 1620
 1625
 1630
 1635
 1640
 1645
 1650
 1655
 1660
 1665
 1670
 1675
 1680
 1685
 1690
 1695
 1700
 1705
 1710
 1715
 1720
 1725
 1730
 1735
 1740
 1745
 1750
 1755
 1760
 1765
 1770
 1775
 1780
 1785
 1790
 1795
 1800
 1805
 1810
 1815
 1820
 1825
 1830
 1835
 1840
 1845
 1850
 1855
 1860
 1865
 1870
 1875
 1880
 1885
 1890
 1895
 1900
 1905
 1910
 1915
 1920
 1925
 1930
 1935
 1940
 1945
 1950
 1955
 1960
 1965
 1970
 1975
 1980
 1985
 1990
 1995
 2000
 2005
 2010
 2015
 2020
 2025
 2030
 2035
 2040
 2045
 2050
 2055
 2060
 2065
 2070
 2075
 2080
 2085
 2090
 2095
 2100
 2105
 2110
 2115
 2120
 2125
 2130
 2135
 2140
 2145
 2150
 2155
 2160
 2165
 2170
 2175
 2180
 2185
 2190
 2195
 2200
 2205
 2210
 2215
 2220
 2225
 2230
 2235
 2240
 2245
 2250
 2255
 2260
 2265
 2270
 2275
 2280
 2285
 2290
 2295
 2300
 2305
 2310
 2315
 2320
 2325
 2330
 2335
 2340
 2345
 2350
 2355
 2360
 2365
 2370
 2375
 2380
 2385
 2390
 2395
 2400
 2405
 2410
 2415
 2420
 2425
 2430
 2435
 2440
 2445
 2450
 2455
 2460
 2465
 2470
 2475
 2480
 2485
 2490
 2495
 2500
 2505
 2510
 2515
 2520
 2525
 2530
 2535
 2540
 2545
 2550
 2555
 2560
 2565
 2570
 2575
 2580
 2585
 2590
 2595
 2600
 2605
 2610
 2615
 2620
 2625
 2630
 2635
 2640
 2645
 2650
 2655
 2660
 2665
 2670
 2675
 2680
 2685
 2690
 2695
 2700
 2705
 2710
 2715
 2720
 2725
 2730
 2735
 2740
 2745
 2750
 2755
 2760
 2765
 2770
 2775
 2780
 2785
 2790
 2795
 2800
 2805
 2810
 2815
 2820
 2825
 2830
 2835
 2840
 2845
 2850
 2855
 2860
 2865
 2870
 2875
 2880
 2885
 2890
 2895
 2900
 2905
 2910
 2915
 2920
 2925
 2930
 2935
 2940
 2945
 2950
 2955
 2960
 2965
 2970
 2975
 2980
 2985
 2990
 2995
 3000
 3005
 3010
 3015
 3020
 3025
 3030
 3035
 3040
 3045
 3050
 3055
 3060
 3065
 3070
 3075
 3080
 3085
 3090
 3095
 3100
 3105
 3110
 3115
 3120
 3125
 3130
 3135
 3140
 3145
 3150
 3155
 3160
 3165
 3170
 3175
 3180
 3185
 3190
 3195
 3200
 3205
 3210
 3215
 3220
 3225
 3230
 3235
 3240
 3245
 3250
 3255
 3260
 3265
 3270
 3275
 3280
 3285
 3290
 3295
 3300
 3305
 3310
 3315
 3320
 3325
 3330
 3335
 3340
 3345
 3350
 3355
 3360
 3365
 3370
 3375
 3380
 3385
 3390
 3395
 3400
 3405
 3410
 3415
 3420
 3425
 3430
 3435
 3440
 3445
 3450
 3455
 3460
 3465
 3470
 3475
 3480
 3485
 3490
 3495
 3500
 3505
 3510
 3515
 3520
 3525
 3530
 3535
 3540
 3545
 3550
 3555
 3560
 3565
 3570
 3575
 3580
 3585
 3590
 3595
 3600
 3605
 3610
 3615
 3620
 3625
 3630
 3635
 3640
 3645
 3650
 3655
 3660
 3665
 3670
 3675
 3680
 3685
 3690
 3695
 3700
 3705
 3710
 3715
 3720
 3725
 3730
 3735
 3740
 3745
 3750
 3755
 3760
 3765
 3770
 3775
 3780
 3785
 3790
 3795
 3800
 3805
 3810
 3815
 3820
 3825
 3830
 3835
 3840
 3845
 3850
 3855
 3860
 3865
 3870
 3875
 3880
 3885
 3890
 3895
 3900
 3905
 3910
 3915
 3920
 3925
 3930
 3935
 3940
 3945
 3950
 3955
 3960
 3965
 3970
 3975
 3980
 3985
 3990
 3995
 4000
 4005
 4010
 4015
 4020
 4025
 4030
 4035
 4040
 4045
 4050
 4055
 4060
 4065
 4070
 4075
 4080
 4085
 4090
 4095
 4100
 4105
 4110
 4115
 4120
 4125
 4130
 4135
 4140
 4145
 4150
 4155
 4160
 4165
 4170
 4175
 4180
 4185
 4190
 4195
 4200
 4205
 4210
 4215
 4220
 4225
 4230
 4235
 4240
 4245
 4250
 4255
 4260
 4265
 4270
 4275
 4280
 4285
 4290
 4295
 4300
 4305
 4310
 4315
 4320
 4325
 4330
 4335
 4340
 4345
 4350
 4355
 4360
 4365
 4370
 4375
 4380
 4385
 4390
 4395
 4400
 4405
 4410
 4415
 4420
 4425
 4430
 4435
 4440
 4445
 4450
 4455
 4460
 4465
 4470
 4475
 4480
 4485
 4490
 4495
 4500
 4505
 4510
 4515
 4520
 4525
 4530
 4535
 4540
 4545
 4550
 4555
 4560
 4565
 4570
 4575
 4580
 4585
 4590
 4595
 4600
 4605
 4610
 4615
 4620
 4625
 4630
 4635
 4640
 4645
 4650
 4655
 4660
 4665
 4670
 4675
 4680
 4685
 4690
 4695
 4700
 4705
 4710
 4715
 4720
 4725
 4730
 4735
 4740
 4745
 4750
 4755
 4760
 4765
 4770
 4775
 4780
 4785
 4790
 4795
 4800
 4805
 4810
 4815
 4820
 4825
 4830
 4835
 4840
 4845
 4850
 4855
 4860
 4865
 4870
 4875
 4880
 4885
 4890
 4895
 4900
 4905
 4910
 4915
 4920
 4925
 4930
 4935
 4940
 4945
 4950
 4955
 4960
 4965
 4970
 4975
 4980
 4985
 4990
 4995
 5000
 5005
 5010
 5015
 5020
 5025
 5030
 5035
 5040
 5045
 5050
 5055
 5060
 5065
 5070
 5075
 5080
 5085
 5090
 5095
 5100
 5105
 5110
 5115
 5120
 5125
 5130
 5135
 5140
 5145
 5150
 5155
 5160
 5165
 5170
 5175
 5180
 5185
 5190
 5195
 5200
 5205
 5210
 5215
 5220
 5225
 5230
 5235
 5240
 5245
 5250
 5255
 5260
 5265
 5270
 5275
 5280
 5285
 5290
 5295
 5300
 5305
 5310
 5315
 5320
 5325
 5330
 5335
 5340
 5345
 5350
 5355
 5360
 5365
 5370
 5375
 5380
 5385
 5390
 5395
 5400
 5405
 5410
 5415
 5420
 5425
 5430
 5435
 5440
 5445
 5450
 5455
 5460
 5465
 5470
 5475
 5480
 5485
 5490
 5495
 5500
 5505
 5510
 5515
 5520
 5525
 5530
 5535
 5540
 5545
 5550
 5555
 5560
 5565
 5570
 5575
 5580
 5585
 5590
 5595
 5600
 5605
 5610
 5615
 5620
 5625
 5630
 5635
 5640
 5645
 5650
 5655
 5660
 5665
 5670
 5675
 5680
 5685
 5690
 5695
 5700
 5705
 5710
 5715
 5720
 5725
 5730
 5735
 5740
 5745
 5750
 5755
 5760
 5765
 5770
 5775
 5780
 5785
 5790
 5795
 5800
 5805
 5810
 5815
 5820
 5825
 5830
 5835
 5840
 5845
 5850
 5855
 5860
 5865
 5870
 5875
 5880
 5885
 5890
 5895
 5900
 5905
 5910
 5915
 5920
 5925
 5930
 5935
 5940
 5945
 5950
 5955
 5960
 5965
 5970
 5975
 5980
 5985
 5990
 5995
 6000
 6005
 6010
 6015
 6020
 6025
 6030
 6035
 6040
 6045
 6050
 6055
 6060
 6065
 6070
 6075
 6080
 6085
 6090
 6095
 6100
 6105
 6110
 6115
 6120
 6125
 6130
 6135
 6140
 6145
 6150
 6155
 6160
 6165
 6170
 6175
 6180
 6185
 6190
 6195
 6200
 6205
 6210
 6215
 6220
 6225
 6230
 6235
 6240
 6245
 6250
 6255
 6260
 6265
 6270
 6275
 6280
 6285
 6290
 6295
 6300
 6305
 6310
 6315
 6320
 6325
 6330
 6335
 6340
 6345
 6350
 6355
 6360
 6365
 6370
 6375
 6380
 6385
 6390
 6395
 6400
 6405
 6410
 6415
 6420
 6425
 6430
 6435
 6440
 6445
 6450
 6455
 6460
 6465
 6470
 6475
 6480
 6485
 6490
 6495
 6500
 6505
 6510
 6515
 6520
 6525
 6530
 6535
 6540
 6545
 6550
 6555
 6560
 6565
 6570
 6575
 6580
 6585
 6590
 6595
 6600
 6605
 6610
 6615
 6620
 6625
 6630
 6635
 6640
 6645
 6650
 6655
 6660
 6665
 6670
 6675
 6680
 6685
 6690
 6695
 6700
 6705
 6710
 6715
 6720
 6725
 6730
 6735
 6740
 6745
 6750
 6755
 6760
 6765
 6770
 6775
 6780
 6785
 6790
 6795
 6800
 6805
 6810
 6815
 6820
 6825
 6830
 6835
 6840
 6845
 6850
 6855
 6860
 6865
 6870
 6875
 6880
 6885
 6890
 6895
 6900
 6905
 6910
 6915
 6920
 6925
 6930
 6935
 6940
 6945
 6950
 6955
 6960
 6965
 6970
 6975
 6980
 6985
 6990
 6995
 7000
 7

supplémentaires Sat1, Satx, ...SatN, avec x différent de i. Le canal corrélateur Cii et les canaux supplémentaires ayant la structure du canal corrélateur en bande de base de la figure 4. Le sous-ensemble Si comporte, en outre :

5 - un oscillateur à commande numérique de porteuse OPi (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré et un générateur numérique de codes locaux OCI (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel Cpi et delta Δ_i , pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;

10 - un premier Mli et un second MQi muplicateurs fournissant pour les autres sous-ensembles du récepteur un premier Sli et un second SIQi signaux locaux résultant de la modulation des signaux en quadrature F_{li} et F_{qi} de la porteuse locale par le code ponctuel Cpi du sous-ensemble considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du 15 satellite considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites ;

20 - un correcteur CRi de corrélation fournissant à partir des signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$ en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré Si et des signaux I_{pxx} , Q_{pxx} en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu des autres sous-ensembles Sx, avec x différent de i, des signaux corrigés I_{pi}' , $I_{\Delta i}'$, Q_{pi}' , $Q_{\Delta i}'$.

25 - un discriminateur de porteuse DPi fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse CBPi un signal de contrôle Vcpi de l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;

30 - un discriminateur de boucle de code DCi fournissant à travers un correcteur de boucle de code CBCi un signal de contrôle Vcci du générateur numérique de codes locaux Oci (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel Cpi et delta Δ_i pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré.

35 La figure 6 montre un récepteur en bande de base pour trois satellites Sat1, Sat2 et Sat3 comportant un premier S1, un deuxième S2 et un troisième S3 sous-ensembles de réception ayant trois canaux corrélateurs chacun. Les sous-ensembles de réception S1, S2 et S3 comportent les

mêmes éléments que le sous-ensemble détaillé de la figure 4 fonctionnant en bande de base.

Le récepteur de la figure 6 est configuré pour effectuer les mêmes corrections que celles du récepteur de la figure 3 sauf que l'on remplace $T/2$ par T dans les formules de correction.

Par exemple pour le satellite 1 :

$$I_{P1} + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta 1} + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T$$

Dans une variante de configuration, le récepteur selon l'invention utilise trois corrélateurs de code :

- une voie avance (I_A, Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P, Q_P), et
- une voie retard (I_R, Q_R), la voie delta étant équivalente à la voie avance moins la voie retard.

Dans une autre variante du récepteur selon l'invention, on applique le même procédé sur la voie delta reconstituée en sortie des corrélateurs par les formules :

$$I_{\Delta IX} = I_{AIX} - I_{RIX}$$

$$Q_{\Delta IX} = Q_{AIX} - Q_{RIX}$$

Les inter-correlations sont calculées deux fois dans la description précédente. En fait, il est possible d'économiser des corrélateurs grâce à la formule ci-dessous :

Pour le premier satellite Sat1, on calcule $(I_P, I_{\Delta}, Q_P, Q_{\Delta})_{12}$ et $(I_P, I_{\Delta}, Q_P, Q_{\Delta})_{13}$ en plus de $(I_P, I_{\Delta}, Q_P, Q_{\Delta})_{11}$

$$I_{P1} + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta 1} + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T$$

Pour le deuxième satellite Sat2, on calcule $(I_P, I_{\Delta}, Q_P, Q_{\Delta})_{23}$ en plus de $(I_P, I_{\Delta}, Q_P, Q_{\Delta})_{22}$

$$I_{P2} + jQ_{P2}' = I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P12} - jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta 2} + jQ_{\Delta 2}' = I_{\Delta 22} + jQ_{\Delta 22} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta 12} - jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 23} + jQ_{\Delta 23})/T$$

Pour le troisième satellite 3, on ne calcule rien de plus que (I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ) 33

$$5 \quad I_{P3}' + jQ_{P3}' = I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P13} - jQ_{P13})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P23} - jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' = I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta13} - jQ_{\Delta13})/T + (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta23} - jQ_{\Delta23})/T$$

En généralisant, pour $x > i$:

$$I_{Px} = + I_{pix}$$

$$10 \quad Q_{Px} = - Q_{pix}$$

$$I_{\Delta x} = - I_{\Delta ix}$$

$$Q_{\Delta x} = + Q_{\Delta ix}$$

En résumé, au lieu d'avoir N^2-N canaux corrélateurs en plus on en a
15 $(N^2-N)/2$.

Les termes I_{Pi} et Q_{Pi} dans les formules, estimation de l'amplitude complexe des signaux reçus respectivement des satellites i , ne tiennent pas compte des corrections. Afin d'améliorer la précision, on pourrait les remplacer par I_{Pi}' et Q_{Pi}' dans les formules. Dans ce cas, elles deviennent :

$$20 \quad I_{Pi}' + jQ_{Pi}' = I_{Pi} + jQ_{Pi} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + jQ_{Px})(I_{pix} + jQ_{pix})2/T$$

$$I_{\Delta i}' + jQ_{\Delta i}' = I_{\Delta ii} + jQ_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + jQ_{Px})(I_{\Delta ix} + jQ_{\Delta ix})2/T$$

La problème qui se pose alors est que l'application des formules
25 demande des entrées I_{Pi}' et Q_{Pi}' qui sont elles mêmes les sorties du calcul. Afin de pallier à cela, dans une variante du récepteur selon l'invention, on peut utiliser à chaque itération du calcul les termes corrigés I_{Pi}' et Q_{Pi}' de l'itération précédente, en initialisant le calcul avec des termes I_{Pi} et Q_{Pi} non corrigés, après la phase d'acquisition et de convergence :

$$30 \quad (I_{Pi}' + jQ_{Pi}')_n = (I_{Pi} + jQ_{Pi})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + jQ_{Px})_{n-1} \cdot (I_{pix} + jQ_{pix})_n \cdot 2/T$$

$$(I_{\Delta i}' + jQ_{\Delta i}')_n = (I_{\Delta ii} + jQ_{\Delta ii})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + jQ_{Px})_{n-1} \cdot (I_{\Delta ix} + jQ_{\Delta ix})_n \cdot 2/T$$

L'itération indiquée par n peut être soit dans le temps, correspondant à
35 chaque fois à des données nouvelles, soit celle d'un calcul récursif convergeant vers la solution idéale. Dans une variante du récepteur selon

l'invention, lorsque le signal reçu est filtré (spectre limité), il est possible et recommandé d'appliquer le même filtrage aux signaux locaux. Cela oblige par contre, à mettre en place un filtre pour chaque signal local, donc un par satellite, contrairement au signal reçu qui est unique.

5 Nous allons voir, par la suite, un procédé d'acquisition du signal par le récepteur selon l'invention.

On acquiert un premier satellite, sans correction, par un processus de recherche classique en boucle ouverte, bien connu de l'homme de l'art. A l'issue de ce processus, on passe en poursuite, on en déduit le signal local 10 de ce premier satellite et on corrige les inter-corrélations sur les autres canaux en phase de recherche (en boucle ouverte). Cela permet d'acquérir les satellites les plus faibles (en dernier) en réduisant le risque de se tromper à cause d'une corrélation avec le signal d'un autre satellite plus puissant.

A chaque fois qu'un nouveau satellite est acquis et poursuivi, on 15 calcul et on applique les corrections d'intercorrélation sur les mesures de tous les autres satellites déjà poursuivis.

Le récepteur selon l'invention présente une excellente stabilité. En effet, du fait que les coefficients d'inter-corrélation sont nettement inférieurs à 1 (-24 dB pour les codes C/A), les boucles de poursuites sont 20 stables et convergent vers un état où il n'y a plus d'erreur d'inter-corrélation.

Le récepteur selon l'invention permet l'estimation des erreurs d'inter-corrélation en temps réel, sur les échantillons cumulés I et Q ponctuels et deltas, grâce à des canaux supplémentaires, par corrélation entre les codes locaux des satellites poursuivis et la correction des 25 échantillons cumulés I et Q ponctuels et deltas avant les discriminateurs de phase de porteuse et de code.

Le récepteur selon l'invention élimine complètement les erreurs d'inter-corrélation entre tous les satellites dont le signal est poursuivi, en régime permanent, après une phase de convergence rapide. Les erreurs 30 résiduelles, dues aux bruits thermiques et aux traînages des boucles, dépendent du rapport signal sur bruit, de la dynamique et des bandes de boucle. Pour des applications à très faible dynamique (station sol) le gain de la méthode peut être très important, faisant passer l'erreur de mesure de quelques mètres à quelques dizaines de centimètres, soit un facteur 10.

REVENDICATIONS

1. Récepteur de positionnement par satellites avec correction d'erreurs d'inter-corrélation entre les satellites, le récepteur comportant un canal de corrélation C_{ii} d'ordre i par satellite reçu, avec $i = 1, 2, \dots, N$, N étant le nombre de satellites reçus (Sat1, Sat2, ...SatN), chaque canal corrélateur C_{ii} ayant :
 - une voie de corrélation de porteuse (12), en phase et en quadrature entre le signal reçu (S_r, B_r) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) ;
 - une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature, avec les codes locaux du satellite reçu, fourni par un générateur numérique de codes locaux ;
 - un intégrateur (20) pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c, Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux , caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu autant de canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} que de satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , et en ce qu'on corrèle les codes locaux du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires C_{ix} .
2. Récepteur de positionnement par satellites selon la revendication 1, caractérisé en ce que les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code (16, 56) sont un code ponctuel et un code delta, la voie de corrélation de code comportant en fait deux voies de corrélation :
 - une voie ponctuelle (I_p, Q_p),
 - une voie delta (I_Δ, Q_Δ).
3. Récepteur de positionnement par satellites selon la revendication 1, caractérisé en ce que les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code (16, 56) sont un code ponctuel, un code avance et un code retard, et en ce l'intégrateur (20) fournit des signaux (I_p, Q_p ,

Q_P, I_A, Q_A, I_R, Q_R), la voie de corrélation de code comportant trois voies de corrélation :

- une voie avance (I_A, Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P, Q_P), et
- une voie retard (I_R, Q_R), la voie delta étant reconstituée à partir de la voie avance moins la voie retard par les formules :

$$I_\Delta = I_A - I_R$$

$$Q_\Delta = Q_A - Q_R$$

10 4. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte N sous-ensembles de réception S_i , chaque sous-ensemble S_i de rang i ayant le canal corrélateur C_{ii} du signal du satellite reçu d'ordre i et $N-1$ canaux corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires 15 reçus, $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , chaque canal corrélateur C_{ii} de signal reçu étant attaqué par son entrée de réception (E_r) par le signal reçu (S_r), chacun des canaux corrélateurs supplémentaires d'un sous-ensemble S_i , recevant respectivement, d'une part, à son entrée de signal reçu (E_r), un signal local S_{lo} résultant de la modulation de la porteuse locale (F_{lx}) par le 20 code local ponctuel (C_{px}) du canal corrélateur C_{ix} du satellite reçu d'ordre x , et, d'autre part, à ses entrées locales de porteuse locale et des codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature (F_{li}, F_{qi}) et les codes locaux (C_{pi} et Δ_i) du canal corrélateur (C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i).

25 5. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque canal corrélateur C_{ix} de rang x dans le sous-ensemble S_i , avec $x = 1, 2, \dots, N$, comporte :

- la voie de corrélation de porteuse (12) en phase et en quadrature entre le signal reçu et deux respectives porteuses locales en quadrature 30 (sinus, cosinus) ;
- la voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux ponctuel (C_{pi}) et delta (Δ_i) du satellite d'ordre i ;
- un intégrateur (20) pour fournir des signaux $I_{pix}, I_{\Delta ix}, Q_{pix}, Q_{\Delta ix}$ en 35 sortie du canal corrélateur,

le sous-ensemble Si comportant, en outre :

- un oscillateur à commande numérique de porteuse (OPi) (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré et un générateur numérique de codes locaux (OCi) 5 pour fournir le codes locaux, ponctuel (Cpi) et delta (Δi), pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
 - un multiplicateur Mi fournissant pour les autres sous-ensembles Sx du récepteur un signal local S_{li} , résultant de la modulation du la porteuse locale (F_{li}) par le code ponctuel (Cpi) du sous-ensemble considéré 10 Si, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du satellite considéré avec les codes modulés par les porteuses des autres satellites ;
 - un correcteur CRi de corrélation fournissant à partir des signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$ en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré (Si), x prenant, pour ces signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$, les valeurs 1 à 15 N, et des signaux I_{pxx} , I_{qxx} en sortie des canaux corrélateurs Cxx de signal reçu des autres sous-ensembles Sx, des signaux corrigés I_{pi}' , $I_{\Delta i}'$, Q_{pi}' , $Q_{\Delta i}'$.
 - un discriminateur de porteuse DPi fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse CBPi un signal de contrôle V_{cpi} de l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des 20 porteuses locales (F_{li} , F_{qi}) pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
 - un discriminateur de boucle de code DCi fournissant à travers un correcteur de boucle de code CBCi un signal de contrôle V_{cci} du générateur numérique de codes locaux (OCi) (NCO c) pour fournir les codes locaux, 25 ponctuel (Cpi) et delta (Δi) pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré.

6. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un premier (S1), un 30 deuxième (S2) et un troisième (S3) sous-ensemble de réception ayant trois canaux corrélateurs chacun pour recevoir trois satellites .

7. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 6, caractérisé en ce que les premier (S1), deuxième (S2), et troisième sous- 35 ensembles (S3) du récepteur comportent respectivement un premier (C11),

un deuxième (C22) et un troisième (C33) canaux corrélateurs de signal attaqués à leur entrée de réception (Er) par le signal Sr reçu par le récepteur, chaque sous-ensemble comportant en outre :

- dans le premier sous-ensemble (S1), deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C12 et C13 attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux Slo2, Slo3 issus respectivement d'un mélangeur M2 et d'un mélangeur M3, le signal Slo2 résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l2} par le code ponctuel Cp_2 du deuxième satellite et le signal Slo3 résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l3} par le code ponctuel Cp_3 du troisième satellite ;
- dans le deuxième sous-ensemble (S2), deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C21 et C23 attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux Slo1, Slo3 issus respectivement d'un mélangeur M1 et du mélangeur M3, le signal Slo1 résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l1} par le code ponctuel Cp_1 du premier satellite ;
- dans le troisième sous-ensemble (S3), deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C31 et C32 attaqués à leur entrée de réception par les signaux locaux Slo1, Slo2 issus respectivement des mélangeurs M1 et M2 ;

chaque corrélateur de chacun des sous-ensembles comportant :

- la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature (12) entre le signal à leur entrée de réception et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus), F_{l1} , F_{Q1} pour le premier sous-ensemble (S1), F_{l2} , F_{Q2} pour le deuxième (S2) et F_{l3} , F_{Q3} pour le troisième (S3), ces porteuses étant générées respectivement, pour chacun des sous-ensembles (S1, S2 et S3), par un premier (OP1), un deuxième (OP2) et un troisième (OP3) oscillateurs à commande numérique de porteuse (NCO p) ;
- la voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux, ponctuel (Cp_1 , Cp_2 , Cp_3) et delta (Δ_1 , Δ_2 , Δ_3) des satellites respectivement d'ordre 1, 2, 3, fournis par un générateur numérique de codes locaux (OC1, OC2 et OC3) respectivement pour chaque sous-ensemble ;

- un intégrateur par canal corrélateur pour fournir respectivement des signaux I_{P1x} , $I_{\Delta1x}$, Q_{P1x} , $Q_{\Delta1x}$ en sortie du canal corrélateur $C1x$; I_{P2x} , $I_{\Delta2x}$, Q_{P2x} , $Q_{\Delta2x}$, en sortie canal corrélateur $C2x$ et I_{P3x} , $I_{\Delta3x}$, Q_{P3x} , $Q_{\Delta3x}$ en sortie canal corrélateur $C3x$, avec $x=1, 2, 3$,

5 chaque sous-ensemble de trois corrélateurs comportant :

- un correcteur ($Cr1$, $Cr2$, $Cr3$) de corrélations fournissant à partir des signaux I_{Pi_x} , $I_{\Delta i_x}$, Q_{Pi_x} , $Q_{\Delta i_x}$, avec $i=1, 2, 3$, en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré ($S1$, $S2$, $S3$) et des signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu (d'ordre x) des autres 10 sous-ensembles (Sx), des signaux corrigés, $I_{P1'}$, $I_{\Delta1'}$, $Q_{P1'}$, $Q_{\Delta1'}$ en sortie du premier correcteur $Cr1$, $I_{P2'}$, $I_{\Delta2'}$, $Q_{P2'}$, $Q_{\Delta2'}$ en sortie du deuxième correcteur $Cr2$, $I_{P3'}$, $I_{\Delta3'}$, $Q_{P3'}$, $Q_{\Delta3'}$ en sortie du troisième correcteur $Cr3$, les signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu, attaquant les correcteurs, étant les signaux I_{P22} , I_{P33} , Q_{P22} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr1$, I_{P11} , I_{P33} , Q_{P11} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr2$ et I_{P11} , I_{P22} , Q_{P11} , Q_{P22} pour le correcteur $Cr3$,

- un discriminateur de porteuse ($DP1$, $DP2$, $DP3$) fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de porteuse ($CBP1$, $CBP2$, $CBP3$) un signal de contrôle ($Vcp1$, $Vcp2$, $Vcp3$) du respectif l'oscillateur à 20 commande numérique de porteuse ($OP1$, $OP2$, $OP3$) (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{l1} , F_{q1} , pour le premier sous-ensemble ($S1$), F_{l2} , F_{q2} pour le deuxième sous-ensemble ($S2$) et F_{l3} , F_{q3} pour le troisième sous-ensemble ($S3$);

- un discriminateur de boucle de code ($DC1$, $DC2$, $DC3$) 25 fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de code ($CBC1$, $CBC2$, $CBC3$) un respectif signal de contrôle $Vcc1$, $Vcc2$, $Vcc3$ du générateur numérique de codes locaux ($OC1$, $OC2$, $OC3$) (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel et delta ($Cp1$, $\Delta1$) pour les trois corrélateurs du premier sous-ensemble ($S1$), ($Cp2$, $\Delta2$) pour les trois 30 corrélateurs du deuxième sous-ensemble ($S2$) et ($Cp3$, $\Delta3$) pour les trois corrélateurs du troisième sous-ensemble ($S3$).

8. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il est configuré pour effectuer les 35 corrections suivantes :

pour le premier satellite Sat1 :

- sur la voie ponctuelle :

$$5 \quad I_{P1}' = I_{P11} - I_{P22} \cdot I_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{P13} \cdot 2/T \\ Q_{P1}' = Q_{P11} - I_{P22} \cdot Q_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{P13} \cdot 2/T$$

- sur la voie delta :

$$10 \quad I_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot I_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{\Delta 13} \cdot 2/T \\ Q_{\Delta 1}' = Q_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot Q_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{\Delta 13} \cdot 2/T;$$

- soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$15 \quad I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - I_{P22} (I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T \\ I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - I_{P22} (I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13}) \cdot 2/T$$

avec $\frac{T}{2} = \int_0^T (signal\ local(t))^2 dt$, T période d'intégration de l'intégrateur (20) .

20

9. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que dans le cas où les porteuses locales ne sont pas tout à fait en phase avec les porteuses reçues on montre que :

pour le premier satellite Sat1 :

- sur la voie ponctuelle :

$$30 \quad I_{P1}' = I_{P11} - (I_{P22} \cdot I_{P12} - Q_{P22} \cdot Q_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{P13} - Q_{P33} \cdot Q_{P13}) \cdot 2/T \\ Q_{P1}' = Q_{P11} - (I_{P22} \cdot Q_{P12} + Q_{P22} \cdot I_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{P13} + Q_{P33} \cdot I_{P13}) \cdot 2/T$$

- sur la voie delta :

$$35 \quad I_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} - (I_{P22} \cdot I_{\Delta 12} - Q_{P22} \cdot Q_{\Delta 12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{\Delta 13} - Q_{P33} \cdot Q_{\Delta 13}) \cdot 2/T \\ Q_{\Delta 1}' = Q_{\Delta 11} - (I_{P22} \cdot Q_{\Delta 12} + Q_{P22} \cdot I_{\Delta 12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{\Delta 13} + Q_{P33} \cdot I_{\Delta 13}) \cdot 2/T$$

- soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$40 \quad I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T \\ I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12}) \cdot 2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13}) \cdot 2/T$$

pour le deuxième satellite Sat2 :

$$15 \quad I_{P2}' + jQ_{P2}' = I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P21} + jQ_{P21})2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})2/T$$

$$I_{\Delta2}' + jQ_{\Delta2}' = I_{\Delta22} + jQ_{\Delta22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta21} + jQ_{\Delta21})2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta23} + jQ_{\Delta23})2/T$$

et en ce que pour le troisième satellite Sat3 :

$$10 \quad I_{P3}' + jQ_{P3}' = I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P31} + jQ_{P31})2/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P32} + jQ_{P32})2/T$$

$$I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' = I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta31} + jQ_{\Delta31})2/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta32} + jQ_{\Delta32})2/T$$

et en ce qu'en généralisant :

- sur la voie ponctuelle :

$$15 \quad I_{Pi}' = I_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{pix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{pix}) \cdot 2/T$$

$$Q_{Pi}' = Q_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{pix} + Q_{Pxx} \cdot I_{pix}) \cdot 2/T$$

- sur la voie delta :

$$20 \quad I_{\Delta i}' = I_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix}) \cdot 2/T$$

$$Q_{\Delta i}' = Q_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix} + Q_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix}) \cdot 2/T$$

soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$25 \quad I_{Pi}' + j Q_{Pi}' = I_{Pii} + j Q_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} + j Q_{Pxx})(I_{pix} + j Q_{pix})2/T$$

$$I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}' = I_{\Delta ii} + j Q_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} + j Q_{Pxx})(I_{\Delta ix} + j Q_{\Delta ix})2/T$$

30 10. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque canal corrélateur (50) fonctionne avec un signal reçu (Br) en bande de base, sous forme de deux signaux I et Q en quadrature.

35 11. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le canal corrélateur (50) en bande de

base comporte une voie de corrélation (52) en phase et en quadrature entre le signal reçu en bande de base, sous forme de deux signaux I et Q en quadrature, et deux respectives porteuses locales F_I , F_Q , ces porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) étant générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (54) (NCO p) du récepteur.

12. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 11, caractérisé en ce que le récepteur en bande de base comporte N sous-ensembles de réception pour N satellites reçus, chaque 10 sous-ensemble S_i de rang i , avec $i = 2, 3, \dots, N$, comporte un canal corrélateur C_{ii} pour un satellite reçu Sat_i et $N-1$ corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires $Sat_1, Sat_x, \dots, Sat_N$, avec x différent de i , le canal corrélateur C_{ii} et les canaux supplémentaires de chaque sous-ensemble S_i comportant en outre :

15 - un premier M_{ii} et un second M_{Qi} multiplicateurs fournissant pour les autres sous-ensembles du récepteur un premier SL_{ii} et un second SL_{Qi} signaux locaux résultant de la modulation des signaux en quadrature F_{Qi} et F_{li} de la porteuse locale par le code ponctuel C_{pi} du sous-ensemble considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du 20 satellite considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites.

13. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il est configuré pour effectuer 25 les corrections suivantes :

pour le premier satellite Sat_1 :

$$I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$30 \quad I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T$$

14. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 3 à 13, caractérisé en ce que la voie delta est reconstituée en sortie des corrélateurs par les formules :

$$35 \quad I_{\Delta ix} = I_{Aix} - I_{Rix}$$

$$Q_{\Delta ix} = Q_{Aix} - Q_{Rix}$$

15. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que, pour économiser des corrélateurs, les inter-corrélations sont calculées par :

5

- pour le premier satellite Sat1, par $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{12}$ et $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{13}$ en plus de $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{11}$

$$I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta1}' + jQ_{\Delta1}' = I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13})/T$$

- pour le deuxième satellite Sat2, par $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{23}$ en plus de $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{22}$

$$I_{P2}' + jQ_{P2}' = I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P12} - jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta2}' + jQ_{\Delta2}' = I_{\Delta22} + jQ_{\Delta22} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta12} - jQ_{\Delta12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta23} + jQ_{\Delta23})/T$$

et en ce que pour le troisième satellite St3, on ne calcule rien de plus que $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{33}$

20

$$I_{P3}' + jQ_{P3}' = I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P13} - jQ_{P13})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P23} - jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' = I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta13} - jQ_{\Delta13})/T + (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta23} - jQ_{\Delta23})/T$$

et en ce qu'en généralisant t, pour $x > i$:

25

$$I_{Px_i} = + I_{P_ix}$$

$$Q_{Px_i} = - Q_{P_ix}$$

$$I_{\Delta x_i} = - I_{\Delta ix}$$

$$Q_{\Delta x_i} = + Q_{\Delta ix}$$

30

16. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu' afin d'améliorer la précision de l'estimation de l'amplitude complexe des signaux reçus respectivement des satellites i, on remplace les termes I_{Pi_i} et Q_{Pi_i} dans les formules, par les termes I_{Pi}' et Q_{Pi}' , les formules devenant alors :

35

$$I_{Pi}' + j Q_{Pi}' = I_{Pi} + j Q_{Pi} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}')(I_{P_ix} + j Q_{P_ix}) 2/T$$

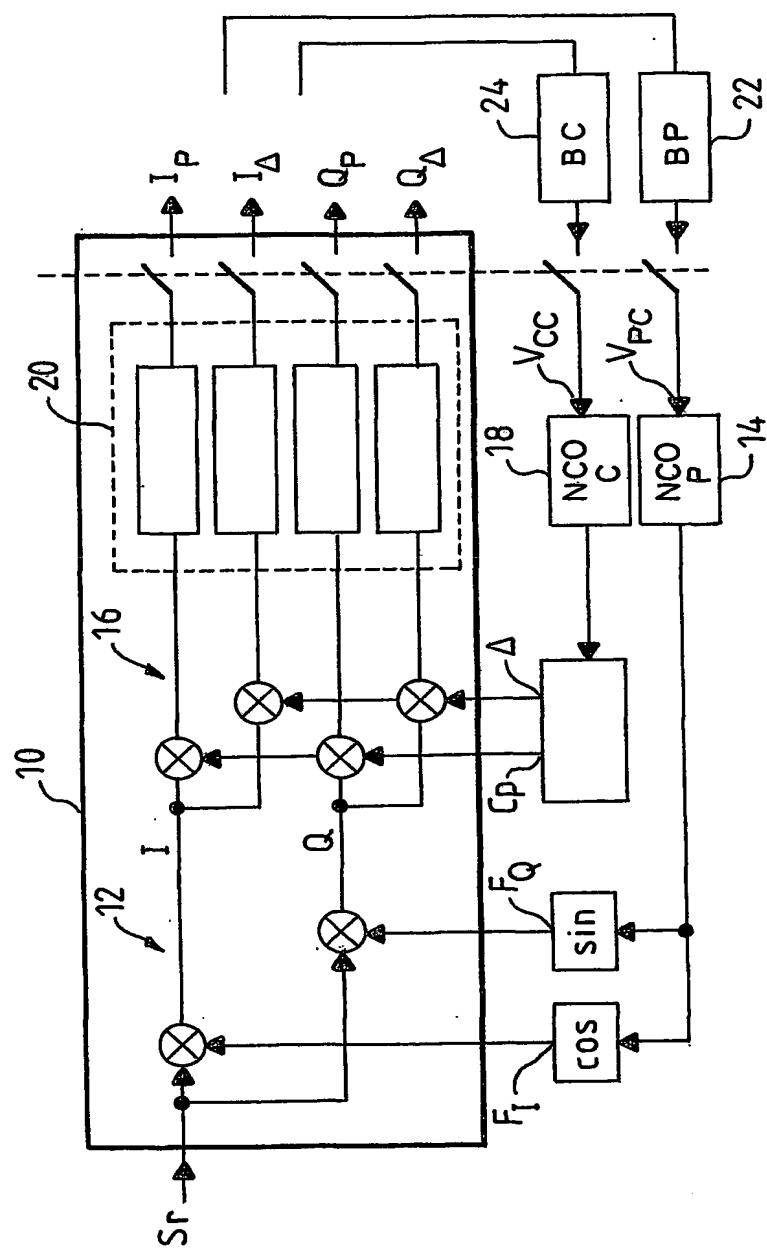
$$I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}' = I_{\Delta i} + j Q_{\Delta i} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}')(I_{\Delta_ix} + j Q_{\Delta_ix}) 2/T$$

17. Récepteur de positionnement par satellite selon la
 5 revendication 16, caractérisé en ce qu'on utilise, à chaque itération du calcul, les termes corrigés I_{Pi}' et Q_{Pi}' de l'itération précédente, en initialisant le calcul avec des termes I_{Pi} et Q_{Pi} non corrigés, après la phase d'acquisition et de convergence :

10 $(I_{Pi}' + j Q_{Pi}')_n = (I_{Pi} + j Q_{Pi})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px})_{n-1} \cdot (I_{P_ix} + j Q_{P_ix})_n \cdot 2/T$
 $(I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}')_n = (I_{\Delta i} + j Q_{\Delta i})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px})_{n-1} \cdot (I_{\Delta_ix} + j Q_{\Delta_ix})_n \cdot 2/T$

18. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des
 15 revendications 1 à 17, caractérisé en ce lorsque le signal reçu est filtré (spectre limité), on applique le même filtrage aux signaux locaux.

19. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'on acquiert un premier satellite, 20 sans correction, par un processus de recherche classique en boucle ouverte, en ce qu'à l'issue de ce processus on passe en poursuite, on en déduit le signal local de ce premier satellite et on corrige les inter-corrélations sur les autres canaux en phase de recherche (en boucle ouverte) et en ce qu'à chaque fois qu'un nouveau satellite est acquis et poursuivi, on calcule et on 25 applique les corrections d'intercorrélation sur les mesures de tous les autres satellites déjà poursuivis.



一
EIG

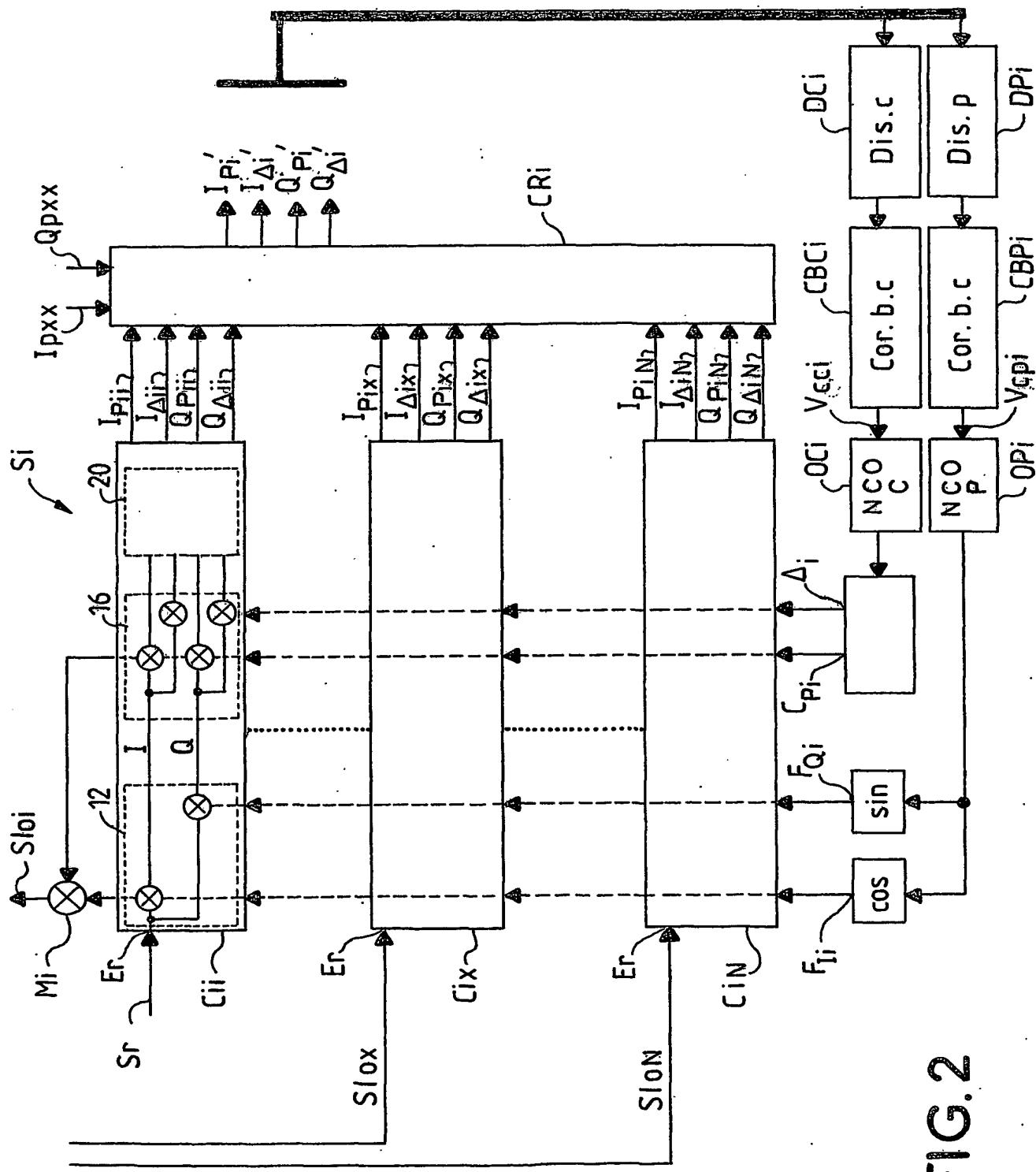


FIG. 2

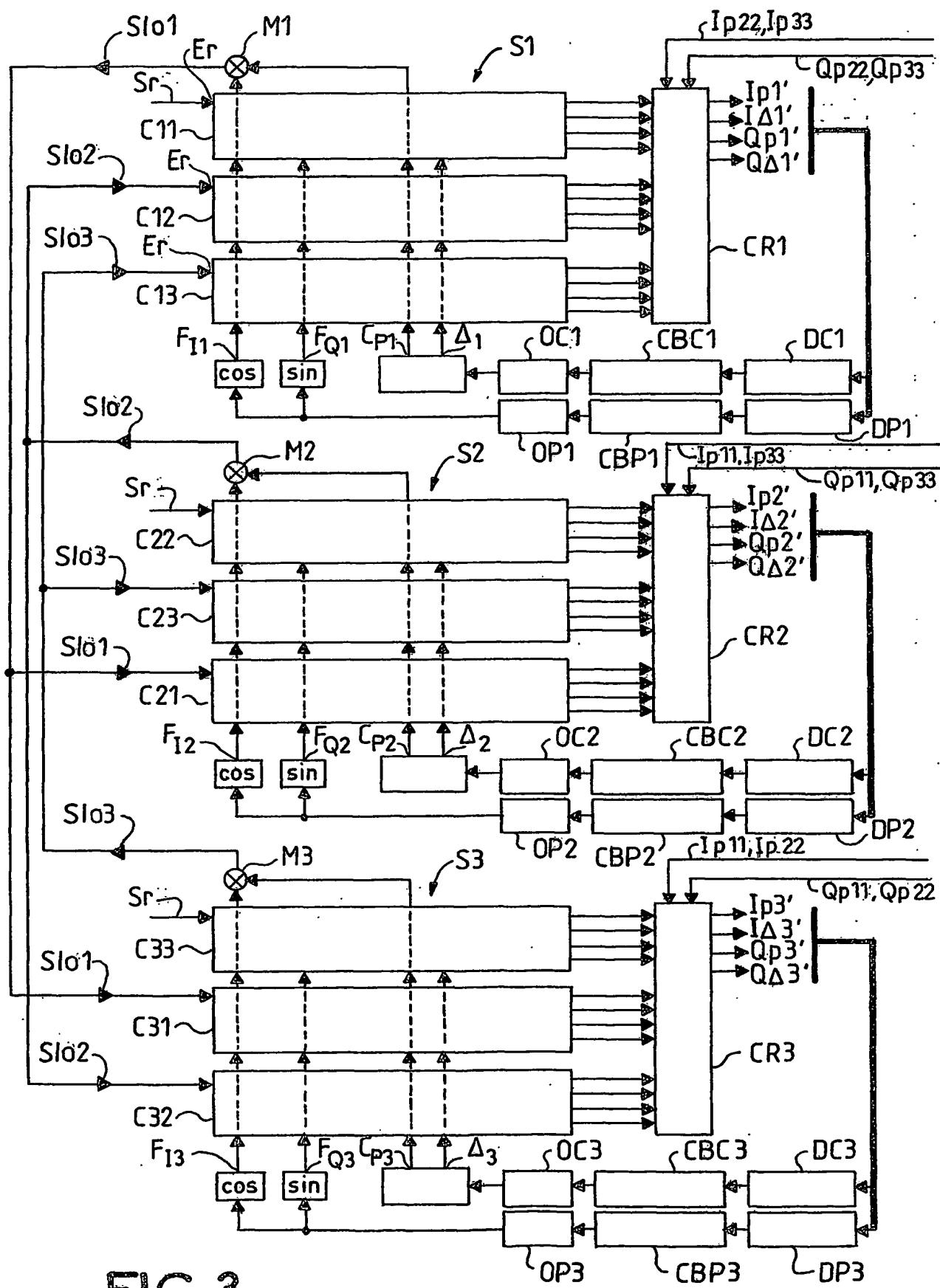


FIG. 3

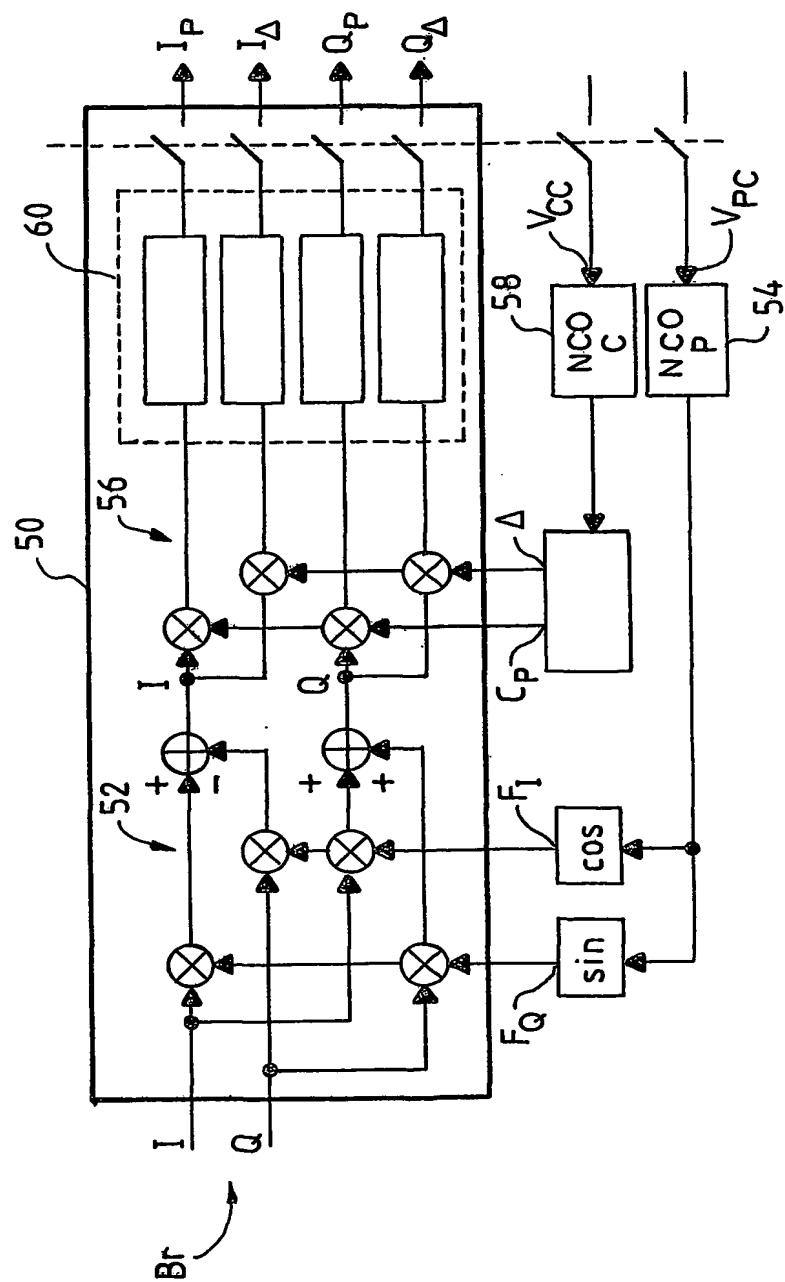


FIG. 4

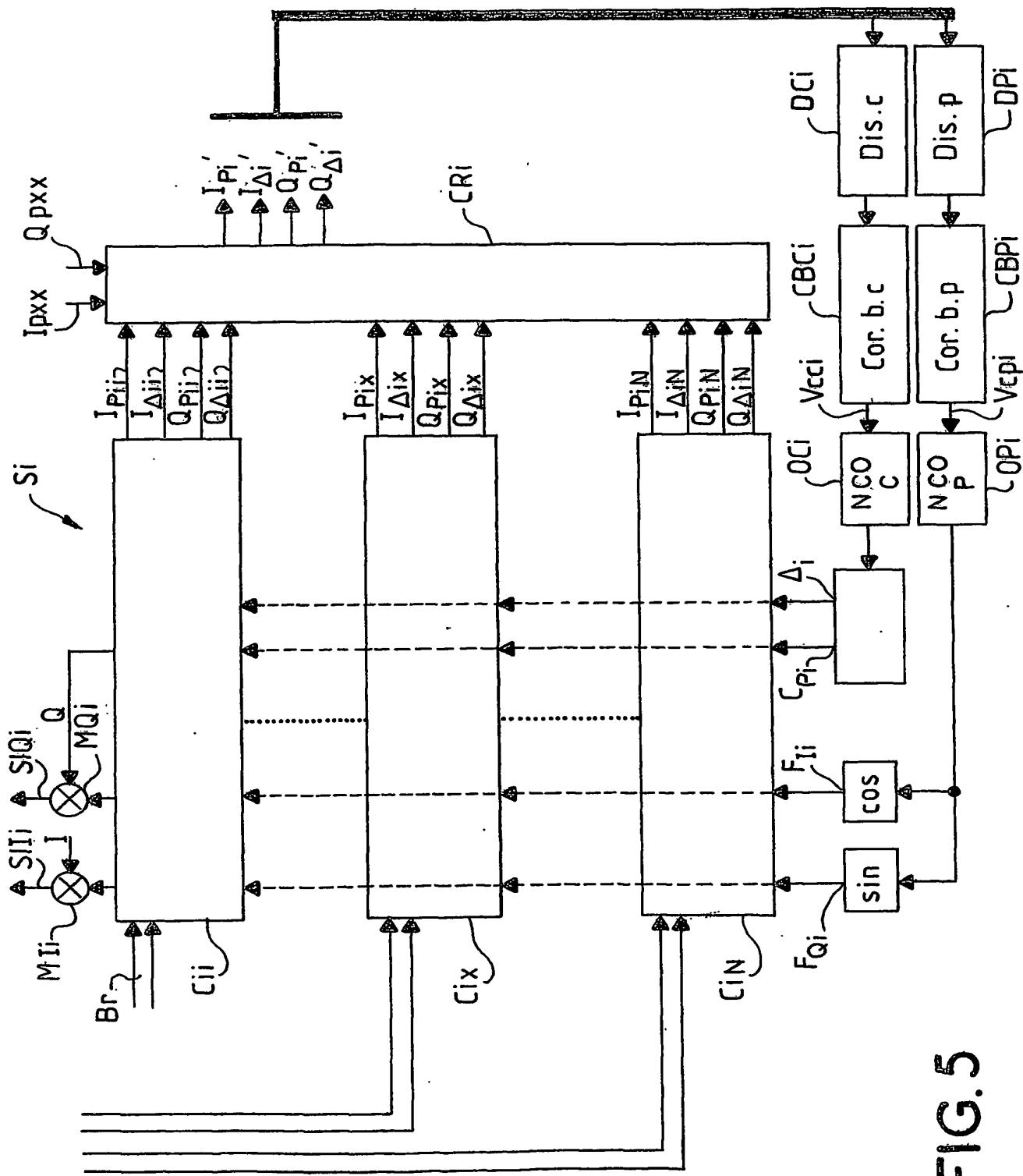


FIG. 5

6/6

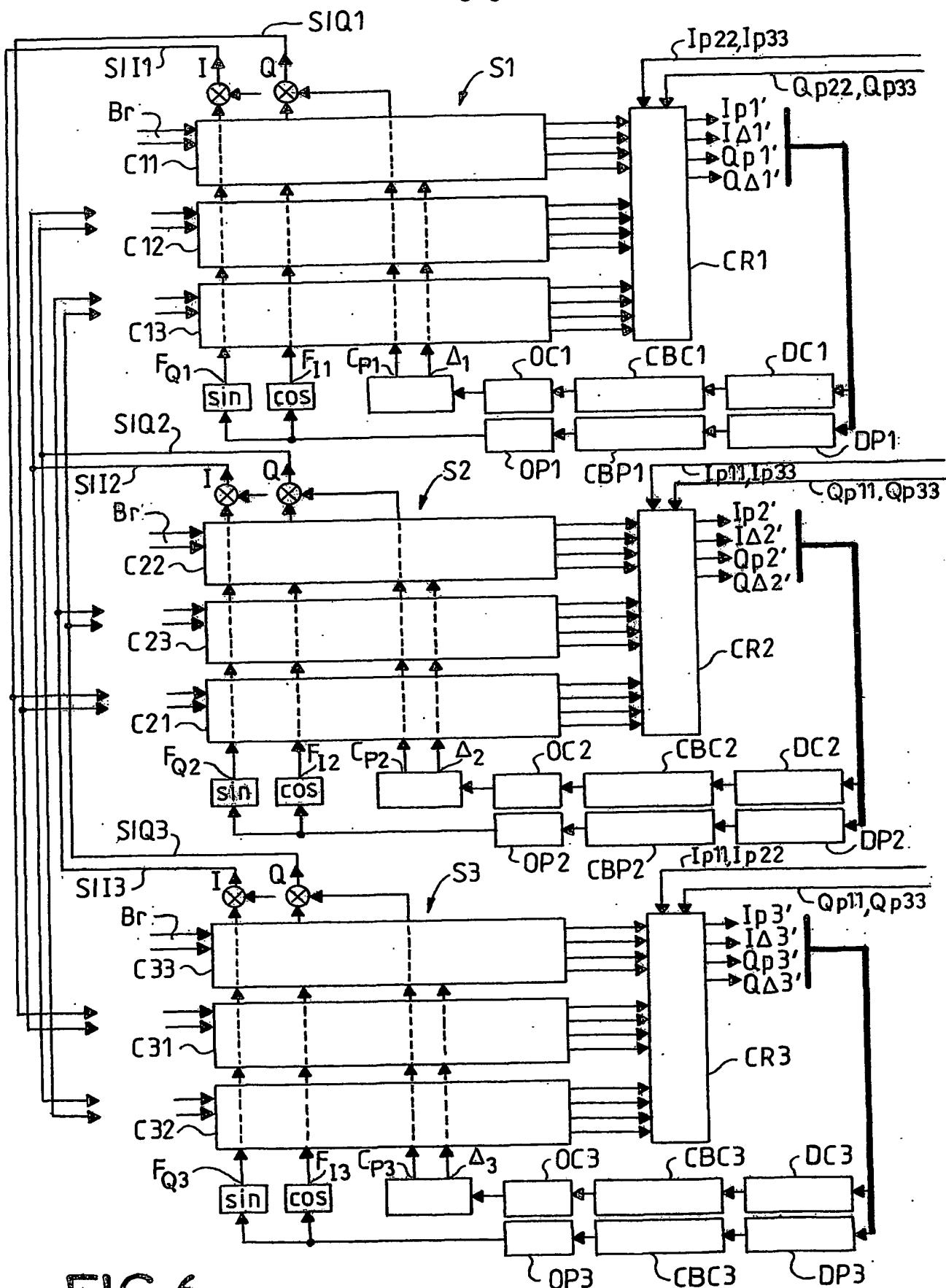


FIG.6

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRATÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 février 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/017089 A3(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 1/04(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002288

(22) Date de dépôt international : 18 juillet 2003 (18.07.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/10276 13 août 2002 (13.08.2002) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

(72) Inventeur; et

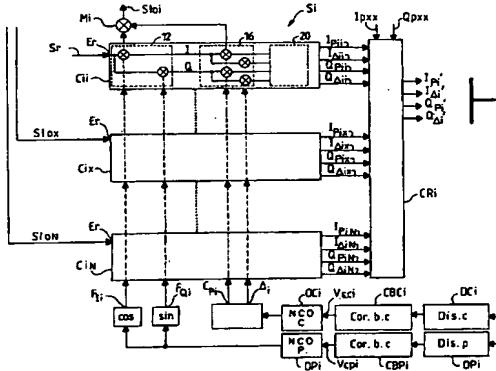
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MARTIN,
Nicolas [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, av-
enue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).(74) Mandataires : DOMINGUEZ, Mariano etc.; Thales In-
tellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117
Arcueil Cedex (FR).

(81) États désignés (national) : CA, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: GLOBAL POSITIONING RECEIVER WITH CROSS-CORRELATION ERROR CORRECTION

(54) Titre : RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRE-
LATION

(57) Abstract: The invention relates to a global positioning receiver which receives signals from different satellites and which comprises one correlation channel, Cii, per satellite received. According to the invention, each correlator channel Cii comprises: a phase and quadrature correlation channel (12) for correlation between the received signal (Sr) and two respective local quadrature carriers (sine, cosine) that are generated by a digitally-controlled carrier oscillator (OPi)(NCOp); a code correlation channel (16) for code correlation of the output signals, I, Q, from the carrier correlation channel with the local codes (Cpi, ?i) supplied by a digital generator of local codes OCi; and an integrator (20) which, for each local code, supplies output signals, Ic, Qc, from correlator channel Cii of the satellite received, c denoting each of the local codes. For each channel used to correlate the signal received from a satellite, the inventive receiver comprises as many additional correlator channels as there are additional received satellites and the local point code of the received satellite is correlated with the local codes of other additional satellites. The invention can be used for EGNOS (RIMS), WAAS, GALILEO ground stations.

WO 2004/017089 A3

(57) Abrégé : L'invention concerne un récepteur de positionnement par satellite recevant des signaux de différents satellites, com-
portant un canal de corrélation Cii par satellite reçu, chaque canal corrélateur Cii ayant: une voie de corrélation en phase et en
quadrature (12) entre le signal reçu (Sr) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscilla-
teur à commande numérique de porteuse (OPi) (NCOp); une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la
voie de corrélation de porteuse avec les codes locaux fournis (Cpi, ?i)

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont requises*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale: 13 mai 2004

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/FR 03/02288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 GO1S1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 GO1S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 313 786 B1 (KRASNER NORMAN F ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) column 8, line 57 - line 62 column 13, line 13 -column 14, line 23 column 15, line 33 - line 47; figure 7	1-19
A	US 5 694 416 A (JOHNSON RUSSELL K) 2 December 1997 (1997-12-02) figures 2,3	1-19
E	US 2002/167995 A1 (FARINE PIERRE-ANDRE ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) figure 3	1-19

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search 27 November 2003	Date of mailing of the International search report 08/04/2004
---	--

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Saur, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/FR 03/02288

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 6313786	B1	06-11-2001	US	6236354 B1	22-05-2001
			AU	3349800 A	18-08-2000
			CA	2359662 A1	03-08-2000
			CN	1351716 T	29-05-2002
			EP	1166145 A2	02-01-2002
			JP	2003514215 T	15-04-2003
			NO	20013755 A	25-09-2001
			WO	0045191 A2	03-08-2000
			US	2002050944 A1	02-05-2002
US 5694416	A	02-12-1997	NONE		
US 2002167995	A1	14-11-2002	CA	2384228 A1	04-11-2002
			CN	1384369 A	11-12-2002
			JP	2003028945 A	29-01-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 03/02288

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 GO1S1/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 GO1S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 313 786 B1 (KRASNER NORMAN F ET AL) 6 novembre 2001 (2001-11-06) colonne 8, ligne 57 - ligne 62 colonne 13, ligne 13 -colonne 14, ligne 23 colonne 15, ligne 33 - ligne 47; figure 7 ---	1-19
A	US 5 694 416 A (JOHNSON RUSSELL K) 2 décembre 1997 (1997-12-02) figures 2,3 ---	1-19
E	US 2002/167995 A1 (FARINE PIERRE-ANDRE ET AL) 14 novembre 2002 (2002-11-14) figure 3 ----	1-19

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

• Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 novembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Saur, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements rendus aux membres de familles de brevets

PCT/FR 03/02288

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
US 6313786	B1	06-11-2001	US	6236354 B1	22-05-2001
			AU	3349800 A	18-08-2000
			CA	2359662 A1	03-08-2000
			CN	1351716 T	29-05-2002
			EP	1166145 A2	02-01-2002
			JP	2003514215 T	15-04-2003
			NO	20013755 A	25-09-2001
			WO	0045191 A2	03-08-2000
			US	2002050944 A1	02-05-2002
US 5694416	A	02-12-1997	AUCUN		
US 2002167995	A1	14-11-2002	CA	2384228 A1	04-11-2002
			CN	1384369 A	11-12-2002
			JP	2003028945 A	29-01-2003